

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-334309

(43)Date of publication of application : 17.12.1993

(51)Int.Cl.

G06F 15/21

G06F 9/44

G06F 15/30

(21)Application number : 04-137380

(71)Applicant : FUJITSU LTD
NIKKO SHIYOUKEN KK

(22)Date of filing : 29.05.1992

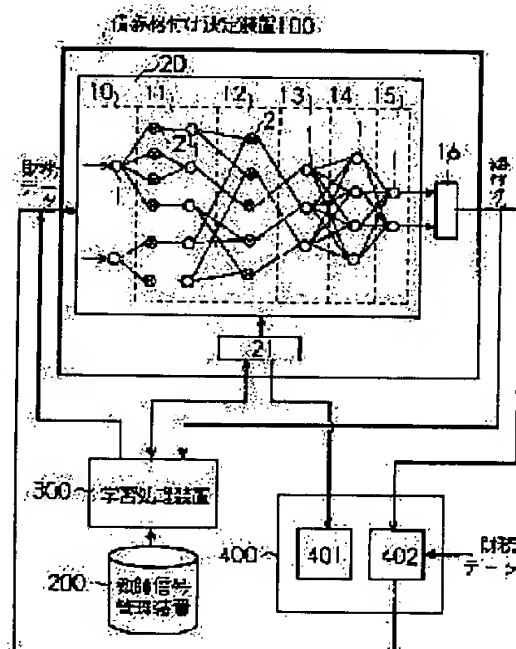
(72)Inventor : OKADA HIROYUKI
WATABE NOBUO
KAWAMURA AKIRA
TAIRA TETSURO
NARITA MASATAKA

(54) BOND GRADING DEVICE AND FINANCIAL CONSULTING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To calculate highly precise bond grading information by mapping a fuzzy rule to the hierarchic network structure part of a network constitution data processing means.

CONSTITUTION: A user, when constituting the bond grading device 100, generates the fuzzy rule wherein the coordinate relation between financial data and bond grades is described, first. Then, the user maps the fuzzy rule which is thus generated, to the hierarchic structure part of the network constitution data processing means 200. Namely, the calculation of the grade value of the antecedent membership function that the fuzzy rule has, is represented, an internal state value assigned for the internal coupling of a 1st layer 11 with a sigmoid neuron 2 is set, and a threshold value that the sigmoid neuron 2 calculates, is set. The internal state value of the internal coupling between the sigmoid neuron 2 and a following linear neuron 1 is set to '1' or '-1' being coordinated to the function shape of the antecedent membership function.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.05.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-334309

(43)公開日 平成5年(1993)12月17日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/21	Q	7218-5L		
9/44	3 3 0 T	9193-5B		
15/30	H	8320-5L		
	Z	8320-5L		

審査請求 未請求 請求項の数4(全 21 頁)

(21)出願番号 特願平4-137380

(22)出願日 平成4年(1992)5月29日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(71)出願人 592115629

日興證券株式会社

東京都千代田区丸の内3丁目3番1号

(72)発明者 岡田 浩之

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者 渡部 信雄

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 森田 寛 (外1名)

最終頁に続く

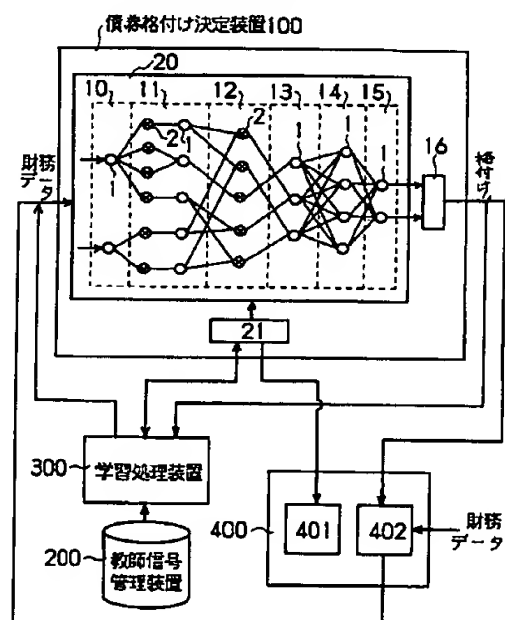
(54)【発明の名称】 債券格付け決定装置及び財務コンサルティング方法

(57)【要約】

【目的】本発明は、高精度の債券格付け情報の算出を可能とする債券格付け決定装置と、債券格付けに対して、適格な財務コンサルティングを実行可能とする財務コンサルティング方法に関するものである。

【構成】財務データと債券格付けとの対応関係を記述するファジイルールに従って構造化された階層ネットワーク構造を持つニューロコンピュータを用意して、このニューロコンピュータに財務データを入力するとともに、階層ネットワーク構造の内部状態値として、この入力にตอบสนองして債券格付け情報が出力されることになる値が設定されることで債券格付け決定装置を構成し、また、学習された債券格付け決定装置の内部状態値の大きさを評価することで、債券格付けに大きな影響を与えるファジイルールを特定して、このルールに記述される財務データを操作していくことで、財務コンサルティングを実行していくように構成する。

本発明の原理構成図



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 債券格付け情報を算出する債券格付け決定装置であって、

ネットワーク構造により構成されるデータ変換機能を備えて、該データ変換機能を内部状態値に従って変換させる構成を採るネットワーク構成データ処理手段を備えるとともに、該ネットワーク構成データ処理手段のネットワーク構造を、財務データと債券格付けとの対応関係を記述するファジィルールを写像するようにと構造化する構成を採り、

かつ、上記ネットワーク構成データ処理手段に対して、債券格付けに用いる財務データを入力信号として与える構成を採るとともに、上記内部状態値として、該財務データの入力にตอบสนองして、上記ネットワーク構成データ処理手段から債券格付け情報又は該債券格付け情報を特定可能とする情報が出力されることになる値が設定されるよう構成されることを、

特徴とする債券格付け決定装置。

【請求項2】 債券格付け情報を算出する債券格付け決定装置であって、

入力信号と、該入力信号に対応付けられる内部状態値との乗算値を入力として、該入力信号が示すファジィルールの前件部メンバーシップ関数のグレード値を算出する処理ユニットの複数により構成される第1段層(11)と、第1段層(11)の後段にファジィルール対応に備えられて、算出されたグレード値と、該グレード値に対応付けられる規定状態値との乗算値を入力として、ファジィルールに対しての適用値を算出する処理ユニットの複数により構成される第2段層(12)と、

第2段層(12)の後段にファジィルールの後件部命題対応に備えられて、算出されたファジィルールの適用値と、該ファジィルールの重要度を示す内部状態値との乗算値を入力として、後件部命題に対しての命題値を算出する処理ユニットの複数により構成される第3段層(13)と、第3段層(13)の後段に備えられて、算出された命題値に従って内部状態値により規定されるファジィルールの後件部メンバーシップ関数を変形してその関数値を算出する第4段層(14)と、

第4段層(14)の後段に備えられて、算出された関数値から該関数値の重心値の算出に用いる重心導出値を算出する第5段層(15)とから構成されるネットワーク構成データ処理手段(20)と、

上記ネットワーク構成データ処理手段(20)の算出する重心導出値からファジィルールの最終出力となる結論値を決定する結論値決定手段(16)とを備え、

上記ネットワーク構成データ処理手段(20)に対して、債券格付けに用いる財務データを入力信号として与える構成を採るとともに、財務データと債券格付けとの対応関係を記述するファジィルールを写像していく構成を採り、かつ、上記内部状態値として、財務データの入力に

2

対応して、上記結論値決定手段(16)から債券格付け情報が出力されることになる値が設定されるよう構成されることを、

特徴とする債券格付け決定装置。

【請求項3】 債券格付けに対しての財務コンサルティングを実行する財務コンサルティング方法であって、ネットワーク構造により構成されるデータ変換機能を備えて、該データ変換機能を内部状態値に従って変換させる構成を採るネットワーク構成データ処理手段を用意して、該ネットワーク構成データ処理手段のネットワーク構造を、財務データと債券格付けとの対応関係を記述するファジィルールに従って構造化する第1の処理過程と、

第1の処理過程で構造化されたネットワーク構成データ処理手段に対して、財務データを入力するとともに、この入力にตอบสนองして該ネットワーク構成データ処理手段から出力される出力情報が、該財務データに対応付けられる債券格付け情報又は該債券格付け情報を特定可能とする情報と一致することになるようにと、該ネットワーク構成データ処理手段の持つ内部状態値を学習する第2の処理過程と、

第2の処理過程で学習されたネットワーク構成データ処理手段の持つ内部状態値の大きさを評価することで、債券格付けに重要な影響を与えるファジィルールを特定する第3の処理過程と、

第3の処理過程で特定されたファジィルールに記述される財務データのデータ値を操作して、この操作する財務データを、第2の処理過程で学習されたネットワーク構成データ処理手段に入力していくことで、債券格付けに対しての財務コンサルティングを実行する第4の処理過程とを備えることを、

特徴とする財務コンサルティング方法。

【請求項4】 債券格付けに対しての財務コンサルティングを実行する財務コンサルティング方法であって、請求項2記載のネットワーク構成データ処理手段(20)を用意して、該ネットワーク構成データ処理手段(20)の第1層、第2層、第3層及び第4層を、財務データと債券格付けとの対応関係を記述するファジィルールに従って構造化する第1の処理過程と、

第1の処理過程で構造化されたネットワーク構成データ処理手段(20)に対して、財務データを入力するとともに、この入力にตอบสนองして該ネットワーク構成データ処理手段(20)から出力される重心導出値により導出されるファジィルールの結論値が、該財務データに対応付けられる債券格付け情報と一致することになるようにと、該ネットワーク構成データ処理手段(20)の持つ内部状態値を学習する第2の処理過程と、

第2の処理過程で学習されたネットワーク構成データ処理手段(20)の第3段層の持つ内部状態値の大きさを評価することで、債券格付けに重要な影響を与えるファジィ

ルールを特定する第3の処理過程と、
第3の処理過程で特定されたファジールールに記述される財務データのデータ値を操作して、この操作する財務データを、第2の処理過程で学習されたネットワーク構成データ処理手段(20)に入力していくことで、債券格付けに対しての財務コンサルティングを実行する第4の処理過程とを備えることを、
特徴とする財務コンサルティング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、債券格付け情報を算出する債券格付け決定装置と、債券格付けに対しての財務コンサルティングを実行する財務コンサルティング方法に関し、特に、高精度の債券格付け情報を算出できるようにする債券格付け決定装置と、債券格付けに対して、適格な財務コンサルティングを実行できるようにする財務コンサルティング方法に関するものである。

【0002】社債の1つである転換社債は、CB (Convertible Bond) と略称されており、発行後の転換請求期間中に、発行時に決められた転換価格で発行会社の株式に転換できる権利が付けられている社債である。

【0003】転換社債等の債券の格付け情報は、債券の償還及び利払いの確実性の度合いを図21に示すような簡単な記号で表すものであり、投資情報として、多くの投資家により債券投資を行う場合の判断材料として用いられている。ここで、この図21に示す債券の格付け情報は、日本における代表的な格付け機関が用いているものである。

【0004】このような債券の格付け情報は、信頼性を高めるためにも、客観的に決定されていく必要がある。

【0005】

【従来の技術】従来では、債券の格付けは、格付けのエキスパートが、公表されている資本金や経常利益や自己資本率等の財務指標を基にして経験とノウハウを駆使して行っている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このようなエキスパートによる債券の格付けの決定方法では、エキスパート自身のノウハウによるところが大きく、債券の格付けが客観的に決定されていないという問題点があった。

【0007】このような事情を背景にして、本出願人は、9個の入力ユニットからなる入力層と、3個の基本ユニットからなる中間層と、1個の基本ユニットからなる出力層とから構成されるニューロコンピュータを用意するとともに、今まで得られている財務データと債券格付け情報との対応関係を教師信号として用意する構成を採って、この用意したニューロコンピュータに教師信号の財務データを与えるときに、ニューロコンピュータの出力する出力信号が教師信号の債券格付け情報と一致す

ることになるようにと、入力層の入力ユニットと中間層の基本ユニットとの間の内部結合に設定される内部状態値と、中間層の基本ユニットと出力層の基本ユニットとの間の内部結合に設定される内部状態値とを、バックプロパゲーション法により学習していく構成を採ることで、ニューロコンピュータを債券格付け決定装置として構築することを試みた。

【0008】ここで、ニューロコンピュータを構成する入力層の入力ユニットは、入力信号を受け取って、中間層の基本ユニットに分配するよう動作し、中間層の基本ユニットは、入力ユニットの分配する入力信号と、その入力信号に乘算されるべき内部状態値とを受け取って積和値を得るとともに、その積和値を閾値関数により変換して出力するよう動作し、出力層の基本ユニットは、中間層の基本ユニットの出力する出力信号と、その出力信号に乘算されるべき内部状態値とを受け取って積和値を得るとともに、その積和値を閾値関数により変換して出力するよう動作する。

【0009】確かに、このニューロコンピュータにより構成される債券格付け決定装置は、格付けされていない債券の財務データを入力すると、直ちに債券の格付け情報を出力することになることから、エキスパートによることなく、客観的に債券の格付けを実行できるという利点がある。

【0010】しかしながら、このようなニューロコンピュータにより構成される債券格付け決定装置では、エキスパートの用いていた決定手順が正確にニューロコンピュータのデータ変換機能に写像されていないことから、出力する債券の格付け情報の精度が十分でないという問題点があった。

【0011】また、このようなニューロコンピュータにより構成される債券格付け決定装置では、どのような決定手順に従って債券の格付けを行っているかが全く分からないことから、債券の格付けを上げるための財務コンサルティングを適切に実行できないという問題点があった。すなわち、財務データの各項目が、債券の格付けに大きな影響を与えているのか、小さな影響しか与えていないかということが分からないために、債券の格付けを上げるためには、どのように財務データの改善を図ればよいのかということが分からず、これがために、試行錯誤的に様々な財務データを入力してみても財務コンサルティングを実行していくという方法を採らざるを得なかったのである。

【0012】本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、高精度の債券格付け情報を算出できるようにする新たな債券格付け決定装置の提供と、債券格付けに対して、適格な財務コンサルティングを実行できるようにする新たな財務コンサルティング方法の提供を目的とするものである。

【0013】

5

【課題を解決するための手段】以下に説明するように、本発明では、本出願人が先に出願した特願平2-60256号（発明の名称：階層ネットワーク構成データ処理装置及びデータ処理システム）の発明で開示した階層ネットワーク構成データ処理装置を債券格付け決定装置として構築することで、高精度の債券格付け情報の算出を実現するとともに、適格な財務コンサルティングの実行を実現するものである。

【0014】本発明の原理構成を説明する前に、この特願平2-60256号の発明で開示した階層ネットワーク構成データ処理装置（以下、ファジィ構造型ニューロコンピュータと称することにする）の概要について説明する。

【0015】このファジィ構造型ニューロコンピュータは、図22に示すように、入力変数分の線形ニューロン1により構成される入力層10と、この入力層10と内部状態値の割り付けられる内部結合で結合して、シグモイドニューロン2と線形ニューロン1との組み合わせの複数により構成される第1段層11と、この第1段層11と内部状態値の割り付けられる内部結合で結合して、シグモイドニューロン2の複数により構成される第2段層12と、この第2段層12と内部状態値の割り付けられる内部結合で結合して、線形ニューロン1の複数により構成される第3段層13と、この第3段層13と内部状態値の割り付けられる内部結合で結合して、線形ニューロン1の複数により構成される第4段層14と、この第4段層14と内部状態値の割り付けられる内部結合で結合して、線形ニューロン1の2つにより構成される第5段層15と、例えば、以上に説明した階層ネットワーク構造とは別に用意されて、第5段層15の出力信号を受け取る結論値決定手段16とから構成される。

【0016】ここで、この図22のファジィ構造型ニューロコンピュータは、図23に示すファジィルールを写像するように階層ネットワークを構造化させたものである。また、線形ニューロン1は、入力信号値を x 、その入力信号値 x の内部結合に割り付けられる内部状態値を ω とするならば、

$$y = \sum \omega_i x_i$$

で表される出力信号値 y を出力するように動作するものであり、シグモイドニューロン2は、入力信号値を x 、その入力信号値 x の内部結合に割り付けられる内部状態値を ω 、シグモイド関数の閾値を θ とするならば、

$$y = 1 / (1 + \exp(-\sum \omega_i x_i + \theta))$$

で表される出力信号値 y を出力するように動作するものである。

【0017】ファジィ構造型ニューロコンピュータの第1段層11は、入力信号（図22の例では X 、 Y ）が与えられるときに、その入力信号の持つファジィルールの前件部メンバーシップ関数のグレード値を算出するように動作する。

【0018】この前件部メンバーシップ関数のグレード

6

値の算出処理は、以下の構成で実現される。すなわち、前件部メンバーシップ関数は、図24に示すような関数形状を持つものとして定義され、一方、シグモイドニューロン2は、 ω と θ の符号により、図25に示すような入出力信号特性を有している。

【0019】これから、図24中の「 X is small」のような前件部メンバーシップ関数は、入力層10の線形ニューロン1と自層のシグモイドニューロン2との間の内部結合に負の内部状態値 ω を割り付けるとともに、シグモイドニューロン2が負の閾値 θ を演算し、かつ、後続の線形ニューロン1との間の内部結合に内部状態値“1”を割り付けることで実現できる。また、図24中の「 X is big」のような前件部メンバーシップ関数は、正の内部状態値 ω を割り付けるとともに、正の閾値 θ を演算し、かつ、後続の線形ニューロン1との間の内部結合に内部状態値“1”を割り付けることで実現できる。

【0020】また、図24中の「 X is middle」のような前件部メンバーシップ関数は、負の内部状態値 ω を割り付けるとともに、負の閾値 θ を演算するシグモイドニューロン2と、正の内部状態値 ω を割り付けるとともに、正の閾値 θ を演算するシグモイドニューロン2とを用意するとともに、この2つのシグモイドニューロン2の出力値の差分値を算出するべく、後続の線形ニューロン1との間の内部結合にそれぞれ内部状態値“1”と“-1”を割り付けることで実現できる。

【0021】ファジィ構造型ニューロコンピュータの第2段層12は、各ファジィルールに対応付けて備えられるシグモイドニューロン2により構成されて、第1段層11から前件部命題についてのグレード値が与えられるときに、ファジィルールに対しての適用値を算出するように動作する。

【0022】このファジィルールに対しての適用値の算出処理は、以下の構成で実現される。すなわち、ファジィルールの前件部命題には、「 X is small」という命題記述と、and 条件の有る「(X is small) and (Y is small)」という命題記述とがある。前者の命題記述に対しては、例えば、命題記述関係にある第1段層11の線形ニューロン1と自層のシグモイドニューロン2との間の内部結合に“4.98”という値の内部状態値を割り付けるとともに、自層のシグモイドニューロン2が“-2.49”という閾値を演算することで実現できる。この内部状態値／閾値の割り付けにより、第2段層12のシグモイドニューロン2は、第1段層11の線形ニューロン1の出力するグレード値を概略そのまま第3段層13に出力していくことで、ファジィルールに対しての適用値を算出していく。

【0023】一方、後者の命題記述に対しては、例えば、命題記述関係にある第1段層11の2つの線形ニューロン1と自層のシグモイドニューロン2との間の内部

7

結合に“7.0”という値の内部状態値を割り付けるとともに、自層のシグモイドニューロン2が“10.5”という閾値を演算することで実現できる。この内部状態値／閾値の割り付けにより、第2段階12のシグモイドニューロン2は、第1段階11の一方の線形ニューロン1の出力するグレード値 μ_a と、他方の線形ニューロン1の出力するグレード値 μ_b との限界積である「 $0 \vee (\mu_a + \mu_b - 1)$ 」を概略算出して第3段階13に出力していくことで、ファジィルールに対しての適用値を算出していく。

【0024】ここで、後者の命題記述に、 n で表される3個以上のand条件が記述される場合には、命題記述関係にある第1段階11の2つの線形ニューロン1と自層のシグモイドニューロン2との間の内部結合に“ $2h$ ”（但し、 h は、 $1 / (1 + e^{-h}) \approx 0$ を充足する値であり、例えば“3.3”に設定される）という値の内部状態値を割り付けるとともに、自層のシグモイドニューロン2が“ $2h(n-0.5)$ ”という閾値を演算することで実現できる。また、第2段階12では、後者の命題記述の「and」に対して、上述のような限界積以外の論理積演算でもって実現することも可能であり、更に、ファジィルールの前件部命題として、前者の命題記述しかないような場合には、第2段階12を線形ニューロン1で構成して、この線形ニューロン1と第1段階11の線形ニューロン1との間の内部結合に“1”という値の内部状態値を割り付けることで構成することも可能である。

【0025】ファジィ構造型ニューロコンピュータの第3段階13は、ファジィルールの後件部命題に対応付けて備えられる線形ニューロン1により構成されて、第2段階12からそのファジィルールに関しての適用値が与えられるときに、ファジィルールの後件部命題に対しての命題値を算出するように動作する。

【0026】この後件部命題に対しての命題値の算出処理は、命題記述関係にある第2段階12のシグモイドニューロン2と自層の線形ニューロン1との間の内部結合にファジィルールの重要度を示す内部状態値を割り付けることで実現される。

【0027】ファジィ構造型ニューロコンピュータの第4段階14は、ファジィルールの同一出力変数を単位にして設けられる適切な個数の線形ニューロン1により構成されて、第3段階13から命題値が与えられるときに、その命題値に従ってファジィルールの後件部メンバーシップ関数を縮小するとともに、その縮小した同一の出力変数についての後件部メンバーシップ関数の関数値を算出するように動作する。

【0028】この後件部メンバーシップ関数に対しての縮小関数値の算出処理は、以下の構成で実現されるすなわち、図26に示すように、後件部メンバーシップ関数を第4段階14の線形ニューロン1の個数に従って細かく区画して各区画のグレード値 α_i を特定するととも

8

に、この特定したグレード値 α_i を第3段階13の線形ニューロン1と自層の線形ニューロン1との間の内部結合の内部状態値として割り付けることで実現する。

【0029】例えば、「Z is small」という後件部命題に対しては、「Z is small」の後件部メンバーシップ関数を補間するグレード値を第3段階13の線形ニューロン1との間の内部結合の内部状態値として割り付け、「Z is middle」という後件部命題に対しては、

「Z is middle」の後件部メンバーシップ関数を補間するグレード値を第3段階13の線形ニューロン1との間の内部結合の内部状態値として割り付け、「Z is big」という後件部命題に対しては、「Z is big」の後件部メンバーシップ関数を補間するグレード値を第3段階13の線形ニューロン1との間の内部結合の内部状態値として割り付けることで、第3段階13から与えられる命題値に従ってファジィルールの各後件部メンバーシップ関数が縮小されるとともに、その縮小された同一出力変数Zについての後件部メンバーシップ関数の関数値が得られるのである。

【0030】ファジィ構造型ニューロコンピュータの第5段階15は、同一出力変数について2個の線形ニューロン1により構成されて、第4段階14の線形ニューロン1から縮小された後件部メンバーシップ関数の関数値が与えられるときに、その関数値の重心値の算出に用いる2つの重心導出値を算出するように動作する。

【0031】この重心導出値の算出処理は、以下の構成で実現される。すなわち、第5段階15の一方の線形ニューロン1と、第4段階14の線形ニューロン1との間の内部結合に、0から1までの間で等間隔に増加する内部状態値を割り付けるとともに、他方の線形ニューロン1と、第4段階14の線形ニューロン1との間の内部結合に、-1から0までの間で等間隔に増加する内部状態値を割り付けることで実現できる。

【0032】このように内部状態値を割り付けると、例えば、第4段階14の線形ニューロン1の個数が6個である場合にあって、この6個の線形ニューロン1が C_1 を出力する例で説明するならば、第5段階15の一方の線形ニューロン1は、

$$Z_1 = 0 \cdot C_1 + 0.2 \cdot C_2 + 0.4 \cdot C_3 + 0.6 \cdot C_4 + 0.8 \cdot C_5 + 1 \cdot C_6$$

他方の線形ニューロン1は、

$$Z_2 = -1 \cdot C_1 - 0.8 \cdot C_2 - 0.6 \cdot C_3 - 0.4 \cdot C_4 - 0.2 \cdot C_5 - 0 \cdot C_6$$

という重心導出値を算出する。

【0033】この2つの重心導出値 Z_1, Z_2 を用いて、 $Z = Z_1 / (Z_1 - Z_2)$

を計算すると、

$$Z = Z_1 / (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6)$$

が算出されることになるが、これは、取りも直さず、

$$Z = \int \text{grade}(z) dz / \int \text{grade}(z) dz$$

というように、grade(2)で表される関数和の重心値を表している。これから、第5段層15の線形ニューロン1の算出する算出値が、第4段層14から出力される縮小後件部メンバーシップ関数の関数値の重心値の算出に用いられる重心導出値となるのである。

【0034】ファジィ構造型ニューロコンピュータの備える結論値決定手段16は、第5段層15から2つの重心導出値が与えられるときに、ファジィルールの最終出力となる結論値を算出するように動作する。

【0035】この結論値の算出処理は、上述したように、第5段層15の出力する2つの重心導出値 Z_1 、 Z_2 を用いて、 $Z = Z_1 / (Z_1 - Z_2)$

を算出することで実現される。なお、この結論値決定手段16も、ネットワーク構造により構成することが可能である。

【0036】このように、本出願人が特願平2-60256号で開示したファジィ構造型ニューロンコンピュータは、ファジィルールに従って構造化された階層ネットワーク構造を持つことを特徴とするものであって、データ処理目的にかなうファジィルールに従って階層ネットワーク構造が初期化され、続いて、データ処理目的にかなう入出力信号関係の教師信号が得られると、バックプロパゲーション法等を実装する学習処理装置が、その教師信号の入力提示信号を入力するときに出力される出力信号が教師信号の出力提示信号となるようにと、調整対象となる階層ネットワーク構造の内部状態値/閾値(①入力層10と第1段層11との間の内部状態値と、第1段層11のシグモイドニューロン2の閾値、②第2段層12と第3段層13との間の内部状態値、③第3段層13と第4段層14との間の内部状態値)を学習することで、そのデータ処理目的を遂行するデータ処理装置として構築していく構成を採るものである。この構成に従って、最初に想定したファジィルールがデータ処理目的をかなうものに調整されていくことになる。

【0037】なお、本出願人が特願昭62-333484号で開示したように、シグモイドニューロン2の閾値は、内部状態値と等価なものとして扱える構成が採れることから、本明細書で内部状態値として記述するときには、この閾値を含むものとして表現することがある。

【0038】このように、このファジィ構造型ニューロコンピュータでは、ファジィモデルとニューロコンピュータとを融合することで、ニューロコンピュータの弱点をファジィモデルで補完するとともに、ファジィモデルの弱点をニューロコンピュータで補完する構成を採っていることを特徴とするものである。すなわち、どのようなデータ変換処理を実行しているかというニューロコンピュータに欠如している説明機能を、モデル化の容易なファジィモデルでもって補完するとともに、メンバーシップ関数等の調整が難しいというファジィモデルの持つ

弱点を、学習の容易なニューロコンピュータでもって補完することを特徴とするものである。

【0039】次に、このファジィ構造型ニューロコンピュータを用いて実現した本発明の債券格付け決定装置と、本発明の財務コンサルティング方法との原理構成について説明する。

【0040】図1に本発明の原理構成を図示する。図中、100は本発明により構成される債券格付け決定装置である。この債券格付け決定装置100は、上述のファジィ構造型ニューロコンピュータにより構成されるものであって、階層ネットワーク構造部分を構成するネットワーク構成データ処理手段20と、ネットワーク構造又は非ネットワーク構造から構成されて、ネットワーク構成データ処理手段20の算出する重心導出値からファジィルールの最終出力となる結論値を決定する結論値決定手段16と、ネットワーク構成データ処理手段20の階層ネットワーク構造部分の持つ内部結合に割り付けられる学習対象及び非学習対象の内部状態値を管理する内部状態値管理手段21とから構成される。

【0041】このネットワーク構成データ処理手段20は、ファジィ構造型ニューロコンピュータの階層ネットワーク構造部分に相当するものであって、入力信号を分配する処理ユニット(線形ニューロン1)の複数により構成される入力層10と、入力層10から与えられる入力信号と、この入力信号に対応付けられる学習対象の内部状態値との乗算値を入力として、入力信号が示すファジィルールの前件部メンバーシップ関数のグレード値を算出する処理ユニット(線形ニューロン1/シグモイドニューロン2)の複数により構成される第1段層11と、第1段層11の後段にファジィルール対応に備えられて、算出されたグレード値と、このグレード値に対応付けられる非学習対象の内部状態値との乗算値を入力として、ファジィルールに対しての適用値を算出する処理ユニット(シグモイドニューロン2)の複数により構成される第2段層12と、第2段層12の後段にファジィルールの後件部命題対応に備えられて、算出されたファジィルールの適用値と、このファジィルールの重要度を示す学習対象の内部状態値との乗算値を入力として、後件部命題に対しての命題値を算出する処理ユニット(線形ニューロン1)の複数により構成される第3段層13と、第3段層13の後段に備えられ、複数の線形ニューロン1より構成されて、算出された命題値に従って内部状態値(学習対象となる)により規定されるファジィルールの後件部メンバーシップ関数を変形してその関数値を算出する第4段層14と、第4段層14の後段に備えられ、2つの線形ニューロン1より構成されて、算出された関数値からこの関数値の重心値の算出に用いる重心導出値を算出する第5段層15とから構成される。

【0042】債券格付け決定装置100を構築する場合、財務データと債券格付けとの対応関係を記述するフ

11

ファジィルールがネットワーク構成データ処理手段20の階層ネットワーク構造部分に写像される構成が採られる。

【0043】200は教師信号管理装置であって、多数の会社の財務データと、格付け機関により格付けされたこれらの会社に対する債券格付け情報との対応関係を教師信号として管理するものである。

【0044】300は学習処理装置であって、教師信号管理装置200の管理する教師信号の財務データをネットワーク構成データ処理手段20に入力するときに、結論値決定手段16から対となる債券格付け情報が出力されることになるようにと、バックプロパゲーション法等のアルゴリズムに従ってネットワーク構成データ処理手段20の学習対象の内部状態値を学習して、内部状態値管理手段21に格納していくよう処理するものである。

【0045】400は財務コンサルティング装置であって、内部状態値管理手段21の管理データに従って、ネットワーク構成データ処理手段20の第3段層13の持つ内部状態値の大きさを評価することで、債券格付けに重要な影響を与えるファジィルールを特定するファジィルール評価手段401と、コンサルティング対象となる財務データが与えられるときに、ファジィルール評価手段401により特定されたファジィルールに記述される財務データのデータ値を操作しつつネットワーク構成データ処理手段20に入力していくとともに、この入力に回答して出力される結論値決定手段16の債券格付け情報を評価していくことで、財務コンサルティングを実行していく財務コンサルティング実行手段402とを備える。

【0046】

【作用】本発明では、ユーザは、債券格付け決定装置100を構築する場合、先ず最初に、財務データと債券格付けとの対応関係を記述するファジィルールを生成する。

【0047】次に、ユーザは、このようにして生成したファジィルールをネットワーク構成データ処理手段20の階層ネットワーク構造部分に写像する。すなわち、そのファジィルールの持つ前件部メンバーシップ関数のグレード値の算出を実現できるようにと、第1段層11のシグモイドニューロン2への内部結合に割り付けられる内部状態値を設定するとともに、シグモイドニューロン2の演算する閾値を設定し、かつ、シグモイドニューロン2と後続の線形ニューロン1との間の内部結合の内部状態値を前件部メンバーシップ関数の関数形状に整合させて“1”か“-1”に設定する。ここで、この設定される“1”か“-1”の内部状態値は、前件部メンバーシップ関数の関数形状により規定されるものであることから学習対象とはならない。

【0048】そして、そのファジィルールの前件部命題に合わせて、命題記述関係にある第2段層12のシグモ

12

イドニューロン2と第1段層11の線形ニューロン1との間の内部結合に対して内部状態値を設定するとともに、シグモイドニューロン2の演算する閾値を設定する。上述のファジィ構造型ニューロコンピュータで一例として示したように、「and」の無い前件部命題に対しては、例えば、内部状態値として“4.98”を設定するとともに、閾値として“-2.49”を設定し、「and」の有る前件部命題に対しては、例えば、内部状態値として“7.0”を設定するとともに、閾値として“10.5”を設定するのである。ここで、この設定される内部状態値と閾値は、前件部命題により規定されるものであることから学習対象とはならない。

【0049】そして、そのファジィルールの重要度を表示する内部状態値を、命題記述関係にある第2段層12のシグモイドニューロン2と第3段層13の線形ニューロン1との間の内部結合に設定する。すなわち、ルール1の重要度が“1.0”である場合には、ルール1の割り付けられる第2段層12のシグモイドニューロン2と、そのルール1の後件部命題の割り付けられる第3段層13の線形ニューロン1との間の内部結合に“1.0”を設定し、ルール2の重要度が“0.2”である場合には、ルール2の割り付けられる第2段層12のシグモイドニューロン2と、そのルール2の後件部命題の割り付けられる第3段層13の線形ニューロン1との間の内部結合に“0.2”を設定するのである。

【0050】そして、そのファジィルールの持つ後件部メンバーシップ関数の区画グレード値を内部状態値として、第3段層13と第4段層14との間の内部結合に設定する。この設定処理により、第4段層14は、第3段層13から与えられる命題値に従ってそのファジィルールの後件部メンバーシップ関数を縮小するとともに、その縮小した後件部メンバーシップ関数の関数値を算出するよう動作できることになる。

【0051】このようにして、財務データと債券格付けとの対応関係を記述するファジィルールがネットワーク構成データ処理手段20の階層ネットワーク構造部分に写像されることになる。なお、第4段層14と第5段層15との間の内部結合に割り付けられる内部状態値は、上述したように、生成されるファジィルールに依らずに固定的な値が設定されることから学習対象とはならない。

【0052】続いて、ユーザは、学習処理装置300を起動する。このようにして起動されると、学習処理装置300は、教師信号管理装置200の管理する教師信号の財務データをネットワーク構成データ処理手段20に入力するときに、結論値決定手段16から対となる債券格付け情報が出力されることになるようにと、バックプロパゲーション法のアルゴリズムに従って、第1段層11のシグモイドニューロン2への内部結合に割り付けられる内部状態値と、それらのシグモイドニューロン2が

演算する閾値とを学習していくとともに、第3段層13の線形ニューロン1への内部結合に割り付けられる内部状態値と、第4段層14の線形ニューロン1への内部結合に割り付けられる内部状態値とを学習していく。

【0053】この学習処理により、ネットワーク構成データ処理手段20と結論値決定手段16とから構成される債券格付け決定装置100は、債券の格付けの実行していない財務データが入力されてくると、その財務データが示す債券の格付け情報を出力していくよう動作することになる。

【0054】このようにして構築される債券格付け決定装置100は、エキスパートの用いていた債券格付けの決定手順をファジィルールとして写像しつつニューロコンピュータ動作により債券格付け情報を決定していく構成を採るものであることから、ニューロコンピュータそのものを用いる債券格付け決定装置よりも高精度でもって債券格付け情報を決定できるようになる。そして、ファジィルールだけに従うのでは、ファジィルールの調整が難しいという点があるために債券格付け情報を高精度で決定できないのに対して、ニューロコンピュータ動作による学習動作に従って、写像されたファジィルールの調整も自動的に実行できるようになることから、ファジィルールそのものを用いる債券格付け決定装置よりも高精度でもって債券格付け情報を決定できるようになるのである。

【0055】学習処理装置300の学習処理が完了すると、ユーザは、財務コンサルティング装置400を起動する。このようにして起動されると、財務コンサルティング装置400のファジィルール評価手段401は、ネットワーク構成データ処理手段20の第3段層13の持つ学習内部状態値の大きさを評価することで、債券格付けに重要な影響を与えるファジィルールを特定する。例えば、当初に、重要度“1.0”と債券格付けに大きな影響を与えるファジィルールとして想定したものであっても、学習後の重要度が低い値を示すときには、債券格付けに小さな影響しか与えないものと再評価し、これとは逆に、当初に、重要度“0.2”と債券格付けに小さな影響しか与えないファジィルールとして想定したものであっても、学習後の重要度が高い値を示すときには、債券格付けに大きな影響を与えるものと再評価していくといったように、ファジィルールの重要度を表示することになる第3段層13の持つ学習内部状態値の大きさを評価していくことで、各ファジィルールの重要度を再評価していくのである。

【0056】ファジィルール評価手段401が債券格付けに重要な影響を与えるファジィルールを特定すると、財務コンサルティング装置400の財務コンサルティング実行手段402は、コンサルティング対象となる財務データが与えられるときに、ユーザと対話することで、この財務データの内のファジィルール評価手段401に

より特定されたファジィルールに記述される財務データのデータ値を操作することで、この与えられた財務データを変更していく。そして、この変更した財務データをネットワーク構成データ処理手段20に入力していくとともに、この入力に回答して出力される結論値決定手段16の債券格付け情報をユーザに表示していくことで、財務コンサルティングを実行していく。

【0057】このようにして、本発明により構築される債券格付け決定装置100を用いて、債券の格付けを上げるための財務コンサルティングを行うと、財務データの各項目が、債券の格付けに大きな影響を与えているのか、小さな影響しか与えていないかということが数値的に分かることから、債券の格付けを上げるためには、どのように財務データの改善を図ればよいのかということを試行錯誤的な方法に依らずに把握できるようになるのである。

【0058】

【実施例】以下、実施例に従って本発明を詳細に説明する。先ず最初に、財務データと債券格付けとの対応関係を記述するファジィルールを生成するために、格付けされている銘柄が多く、過去の経験から定性的要因の格付けに与える影響が少ないと考えられる電気・機械関連の企業の中から、89年4月～90年3月の間に12ヶ月決算を持つ56社を選択して、それら各社の決算データを有証実績財務データベースより取得した。

【0059】次に、債券格付けに影響を与えると考えられる財務データとして、専門家のアドバイスや過去のノウハウから、①自己資本、②資産合計、③売上高、④営業利益、⑤経常利益、⑥自己資本比率、⑦一株当たり純利益、⑧長期負債構成比率、⑨インタレスト・カバレッジ・レシオの9項目をリストアップした。図2に、56社の内の5社に関しての、この9項目についての財務データを一例として図示する。続いて、これらの9項目をキーにして、選択した56社の財務データと、債券格付けとの対応関係を検討することで、財務データと債券格付けとの対応関係を記述するファジィルールを生成することを試みた。

【0060】このファジィルール生成にあたっては、最初に、9項目の財務データの内の自己資本、資産合計、売上高、経常利益、営業利益といった規模を表す財務データに着目して、これらの内で最も格付けに影響を与える財務データを検討した。この結果、経常利益が最も格付けに影響を与える財務データであることが判明し、この経常利益から、最も基本的な基本分類ルールとして、

(1) 経常利益が大きければ、債券格付けは高い。

(2) 経常利益が普通ならば、債券格付けは普通である。

(3) 経常利益が小さければ、債券格付けは低い。

という3つのファジィルールを得た。

【0061】次に、経常利益の大きさによってデータを

並び変え、基本分類による格付けと実際の格付けとを比較して、経常利益以外の財務データを調べた。この結果、基本分類ルールを補う修正分類ルールとして、

- (1) 自己資本が大きければ、債券格付けは高い。
 - (2) 自己資本が小さければ、債券格付けは低い。
 - (3) インタレスト・カバレッジ・レシオが大きければ、債券格付けは高い。
 - (4) インタレスト・カバレッジ・レシオが小さければ、債券格付けは低い。
 - (5) 長期負債構成比率が低ければ、債券格付けは高い。
 - (6) 長期負債構成比率が高ければ、債券格付けは低い。
 - (7) 自己資本比率が低ければ、債券格付けは低い。
- という7つのファジィルールを得た。

【0062】図3に、これらのファジィルールの一覧を図示する。ここで、図中、「p」は前件部命題が「高い・大きい」であることを表し、「q」は前件部命題が「普通」であることを表し、「r」は前件部命題が「低い・小さい」であることを表している。また、図中に示すように、基本分類ルールに対しては、ルールの重要度として“1.0”を設定し、修正分類ルールに対しては、ルールの重要度として“0.2”を設定した。

【0063】このようにして、経常利益、自己資本、インタレスト・カバレッジ・レシオ、長期負債構成比率及び自己資本比率を入力変数とし、債券格付け情報を出力変数とする10個のファジィルールを得た。これから図1で説明したネットワーク構成データ処理手段20は、このファジィルールに従って、債券格付け決定装置100として構築する場合には、図4に示すようなネットワーク構造(第4段層14の線形ニューロン1の個数は10個としている)を持つことになる。なお、図中のp、q、rは、それぞれ図3中のp、q、rの命題に対応している。

【0064】ここで、上述のファジィ構造ニューロコンピュータの説明で詳述したように、第1段層11のシグモイドニューロン2と線形ニューロン1との間の内部結合に割り付けられる内部状態値は、前件部命題が「高い・大きい」か「低い・小さい」の場合には“1”、前件部命題が「普通」の場合には“1”と“-1”というように固定的に定められることになって学習対象とはならない。

【0065】また、第1段層11の線形ニューロン1と第2段層12のシグモイドニューロン2との間の内部結合に割り付けられる内部状態値と、このシグモイドニューロン2が演算する閾値についても、前件部命題中のand条件の個数により決められており、このファジィルールのようにand条件が無い場合には、例えば、内部状態値は“4.98”、閾値は“-2.49”というように固定的に定められることになって学習対象とはならない。

【0066】また、第2段層12のシグモイドニューロン2と第3段層13の線形ニューロン1との間の内部結合に割り付けられる内部状態値は、ルールの重要度の値が設定される構成が採られており、図3に示したように、今回は、基本分類ルールに対しては、ルールの重要度として“1.0”を設定し、修正分類ルールに対しては、ルールの重要度として“0.2”を設定しているの

で、経常利益に関してのルールに対応付けられる第2段層12のシグモイドニューロン2との間の内部結合の内部状態値は“1.0”、それ以外のルールに対応付けられる第2段層12のシグモイドニューロン2との間の内部結合の内部状態値は“0.2”と設定されることになる。この内部結合は学習対象となる。

【0067】また、第4段層14の線形ニューロン1と第5段層15の線形ニューロン1との間の内部結合に割り付けられる内部状態値は、重心導出値を算出するために、0から1までの間で等間隔に増加する値と、-1から0までの間で等間隔に増加する値に従って割り付けられることが定められている。この内部状態値は、学習対象とはならない。

【0068】財務データと債券格付けとの対応関係を記述するファジィルールを生成したので、続いて、これらのファジィルールの持つメンバーシップ関数を定義した。図5に、定義したメンバーシップ関数の関数形状を規定するパラメータ値を図示する。図中、「decr」は図6(a)に示すような減少関数を表しており、「tri」は図6(b)に示すような三角形関数を表しており、「incr」は図6(c)に示すような増加関数を表している。また、図中の「a」は、図6に示すメンバーシップ関数の折り返し点aの座標位置を表しており、図中の「b」は、図6に示す折り返し点bの座標位置を表しており、図中の「c」は、図6に示す折り返し点cの座標位置を表している。

【0069】図7に、このように定義される経常利益に関してのメンバーシップ関数を一例として図示するとともに、図8に、後件部命題の債券格付けに関してのメンバーシップ関数を一例として図示する。ここで、後述するように、債券の格付け値は“0”から“1”の間の値を示すことから、図8の横軸もこれに合わせて“0”から“1”の値域となる。

【0070】図1で説明したように、生成したファジィルールの持つ前件部メンバーシップ関数は、ネットワーク構成データ処理手段20の階層ネットワーク構造の第1段層11に写像されることになる。

【0071】この写像処理は、具体的には、前件部メンバーシップ関数が図6(a)に示すような減少関数である場合には、グレード値が“1”となる時の入力変数Xの値aを“ $\alpha - \beta$ ”、グレード値が“0”となる時の入力変数Xの値bを“ $\alpha + \beta$ ”と表すならば、入力層10の線形ニューロン1と自層のシグモイドニューロン

2との間の内部結合に内部状態値“ $-h/\beta$ ”を割り付けるとともに、シグモイドニューロン2が“ $-h\alpha/\beta$ ”という閾値を演算することで実現できる。ここで、 h は、 $1/(1+e^{-h}) \approx 0$ を充足する値であり、例えば“3.3”に設定されるものである。

【0072】また、前件部メンバーシップ関数が図6(b)に示すような三角形関数である場合には、グレード値が“1”となるときの入力変数 X の値 b を“ α ”、グレード値が“0”となるときの小さい方の入力変数 X の値 a を“ $\alpha-2\beta$ ”、大きい方の入力変数 X の値 c を“ $\alpha+2\beta$ ”と表すならば、入力層10の線形ニューロン1と自層の一方のシグモイドニューロン2との間の内部結合に内部状態値“ h/β ”を割り付けるとともに、そのシグモイドニューロン2が“ $h(\alpha-\beta)/\beta$ ”という閾値を演算し、入力層10の線形ニューロン1と自層の他方のシグモイドニューロン2との間の内部結合に内部状態値“ h/β ”を割り付けるとともに、そのシグモイドニューロン2が“ $h(\alpha+\beta)/\beta$ ”という閾値を演算することで実現できる。

【0073】また、前件部メンバーシップ関数が図6(c)に示すような増加関数である場合には、グレード値が“1”となるときの入力変数 X の値 c を“ $\alpha+\beta$ ”、グレード値が“0”となるときの入力変数 X の値 b を“ $\alpha-\beta$ ”と表すならば、入力層10の線形ニューロン1と自層のシグモイドニューロン2との間の内部結合に内部状態値“ h/β ”を割り付けるとともに、シグモイドニューロン2が“ $h\alpha/\beta$ ”という閾値を演算することで実現できる。

【0074】図9に、この写像処理に従って、図4に示したネットワーク構成データ処理手段20の第1段階11のシグモイドニューロン2への内部結合に割り付けられることになる内部状態値と、そのシグモイドニューロン2が演算することになる閾値とを図示する。ここで、図中の「RK1, RK2, RK3」、「RJ1, RJ2」、「RI1, RI2」、「RC1, RC2」、「RR1」は、図3に示した各ルールに対応付けて備えられるシグモイドニューロン2を表している。

【0075】一方、図1で説明したように、生成したファジィルールの持つ後件部メンバーシップ関数は、図4に図示したネットワーク構成データ処理手段20の階層ネットワーク構造の第3段階13と第4段階14の間の内部結合の内部状態値の設定値として写像されることになる。

【0076】すなわち、債券の格付けが高いとか、普通とか、低いとかいう後件部命題に対しての後件部メンバーシップ関数は、図5に定義したものであって、図8にその関数形状を図示してある。今回、債券格付け決定装置100として構築することになる図4に図示したネットワーク構成データ処理手段20では、第4段階14の線形ニューロン1の個数を10個とする構成を採って

る。これから、この写像処理は、具体的には、図10に示すように、債券格付け値が“0.1”、“0.2”、“0.3”、“0.4”、“0.5”、“0.6”、“0.7”、“0.8”、“0.9”、“1.0”であるときの、各後件部メンバーシップ関数のグレード値を特定して、その特定したグレード値を第3段階13と第4段階14の間の内部結合の内部状態値として設定していくことで実行される。

【0077】このようにして、図4に図示したネットワーク構成データ処理手段20の階層ネットワーク構造の全ての内部状態値と閾値とが設定されることで、生成した財務データと債券格付けとの対応関係を記述するファジィルールが、この階層ネットワーク構造上に写像されることになるのである。

【0078】ユーザは、ファジィルールがネットワーク構成データ処理手段20の階層ネットワーク構造上に写像されると、図1で説明した教師信号管理装置200に対して、ファジィルールの生成に用いた56社の5項目の財務データ（経常利益、自己資本、インタレスト・カバレッジ・レシオ、長期負債構成比率、自己資本比率）と、格付け機関による格付け情報との対データを教師信号として登録してから、図1で説明した学習処理装置300を起動していくことになる。

【0079】ここで、教師信号として登録する財務データは、

【0080】

【数1】

財務データー最小値

最大値ー最小値

$\times 0.9 + 0.05$

【0081】に従って、“0”から“1”の値域のものに変換して登録した。この【数1】式で、“0.95”を乗算してから“0.05”を加算しているのは、シグモイド関数の特性上、両端に近い値を避けたかったことにその理由がある。また、データの分布に偏りのある財務データに関しては、あらかじめ自然対数処理を行っている。そして、教師信号として登録する格付け情報は、図21に示すような9段階ではなくて、「AAA」、「AA」、「A」、「BBB」、「BB」の5段階を基本として、この中を更に「+」と「-」とで差をつける図11に示すような12段階を用いることとして、図に示すように、これらの各段階を“0”から“1”の値域にある債券格付け値に変換して登録した。なお、「BB」と「BB+」の格付け値を共に“0.1”に変換したのは、この2つの格付け情報の標本数が少ないからである。

【0082】学習処理装置300は、起動されると、教師信号管理装置200の管理する教師信号の財務データをネットワーク構成データ処理手段20に入力するとき、結論値決定手段16から対となる債券格付け値が出力されることになるようにと、バックプロパゲーション

法のアルゴリズムに従って、第1段階11のシグモイドニューロン2への内部結合に割り付けられる内部状態値と、それらのシグモイドニューロン2の演算する閾値とを学習していくことで、前件部メンバーシップ関数の関数形状をチューニングし、第3段階13の線形ニューロン1への内部結合に割り付けられる内部状態値を学習していくことで、各ファジィルールの重要度をチューニングしていくとともに、第4段階14の線形ニューロン1への内部結合に割り付けられる内部状態値を学習していくことで、後件部メンバーシップ関数の関数形状をチューニングしていく。

【0083】この学習処理により、ネットワーク構成データ処理手段20と結論値決定手段16とから構成される債券格付け決定装置100は、ニューロコンピュータ動作に従って、債券の格付けの実行していない財務データが入力されてくると、その財務データが示す債券の格付け情報を出力していくよう動作することになる。

【0084】図12及び図13に、1300回の学習を行った時点で得られた学習結果の内部状態値及び閾値を図示する。ここで、図13にあって、破線が、学習実行後の内部状態値を表すものであって、実線は、図8にも示した学習実行前の内部状態値を表すものである。

【0085】そして、図14(a)に、図12に示した内部状態値/閾値により特定されることになる学習後の経常利益に関しての前件部メンバーシップ関数を図示するとともに、図15(a)に、図12に示した内部状態値/閾値により特定されることになる学習後の自己資本比率に関しての前件部メンバーシップ関数を図示する。ここで、図中の破線が、学習実行後の前件部メンバーシップ関数(p, q, rは、それぞれ図3中の命題に対応する前件部メンバーシップ関数)を表すものであって、実線は、学習実行前の前件部メンバーシップ関数を表すものである。また、“0”から“1”の値域にスケールされている経常利益の本来の値は図14(b)に示すものであり、“0”から“1”の値域にスケールされている自己資本比率の本来の値は図15(b)に示すものである。

【0086】このように、財務データと債券格付けとの対応関係を記述するファジィルールに従って階層ネットワーク構造部の初期化されたネットワーク構成データ処理手段20は、学習処理装置300により教師信号を用いて学習されていくことで、そのファジィルールをより精度の高いものと自動チューニングしていくよう処理することになるのである。

【0087】このようにして構築される本発明の債券格付け決定装置100は、高精度のものにチューニングされたファジィルールを実現するものであることから、チューニングされていないファジィルールそのものを用いる債券格付け決定装置よりも高精度でもって債券格付け情報を決定できるようになるとともに、エキスパートの

用いていた債券格付けの決定手順をファジィルールとして写像しつつニューロコンピュータ動作により債券格付け情報を決定していく構成を採るものであることから、ニューロコンピュータそのものを用いる債券格付け決定装置よりも高精度でもって債券格付け情報を決定できるようになる。

【0088】次に、実験結果に従って、この点について検証する。図16に、学習処理に用いなかった図17に示す25社の財務データ/債券格付け情報をテストデータとして用いて、このテストデータの財務データを入力したときに本発明の債券格付け決定装置100が出力する債券格付け値と、このテストデータの債券格付け値との誤差の2乗和を算出してプロットした実験データを図示する。ここで、図中の横軸は、上述した学習処理の学習回数である。

【0089】一方、図18に、従来のニューロコンピュータにより構成される債券格付け決定装置についての対応する実験データを図示する。すなわち、9個の入力ユニットからなる入力層と、3個の基本ユニットからなる中間層と、1個の基本ユニットからなる出力層とから構成されるニューロコンピュータを用意し、このニューロコンピュータを本発明の債券格付け決定装置100の構築に用いた56社の財務データ/債券格付け情報に従って学習していくことで債券格付け決定装置として構築していく構成を採って、図17に示す25社の財務データ/債券格付け情報をテストデータとして用いて、このテストデータの財務データを入力したときにこの債券格付け決定装置が出力する債券格付け値と、このテストデータの債券格付け値との誤差の2乗和を算出してプロットした実験データを図18に図示するものである。

【0090】この図16の実験データから、本発明の債券格付け決定装置100を用いると、56社の教師信号に対して僅か300回の学習を行うだけでも、25社のテストデータに対しての誤差二乗和が“0.079372”と極めて小さなものになることが分かる。このとき、誤差の絶対値が“0.1”以下に入るときを正解とするならば、25社の内の24社が正解であった。これに対して、図18の実験データから、ニューロコンピュータにより構築される従来の債券格付け決定装置を用いると、56社の教師信号に対して11500回の学習を行っても、25社のテストデータに対しての誤差二乗和が“0.124317”となかなか小さくならないことが分かる。このとき、25社の内の20社が正解であった。

【0091】また、本発明の債券格付け決定装置100の構築に用いた図3のファジィルール(メンバーシップ関数は図5のもの)に従って、25社のテストデータに対してのファジィ推論を実行した所によると、誤差二乗和は“0.154770”で、25社の内の21社が正解であった。すなわち、学習前の本発明の債券格付け決定装置100を用いると、テストデータに対しての誤差二乗和が

“0.124317”で、25社の内の21社が正解であったのである。

【0092】これらの実験データから、本発明の債券格付け決定装置100は、従来のニューロコンピュータにより構築される債券格付け決定装置に比べて、極めて少ない学習回数により構築可能となるとともに、高精度でもって債券格付け情報を決定できることが明らかとなった。また、本発明の債券格付け決定装置100は、チューニングされていない従来のファジィルールに比べて、高精度でもって債券格付け情報を決定できることが明らかとなったのである。

【0093】本発明の債券格付け決定装置100を用いると、従来のニューロコンピュータでは不可能であった実行データ処理内容を、チューニングされた高精度のファジィルールの言葉で理解できるようになる。これから、債券格付けを向上させるためには、どの財務項目をどれだけ改善すれば良いかをアドバイスする財務コンサルティングが合理的に実行できることになる。すなわち、従来のニューロコンピュータを用いる債券格付け決定装置では、どの財務項目がどの程度債券格付けに効いているかを知ることができないことから、試行錯誤的に財務データを変更していくことで財務コンサルティングを実行しなければならなかったのに対して、本発明の債券格付け決定装置100を用いると、債券格付けを向上させるためには、どの財務項目をどれだけ改善すれば良いかを適格に知ることができることから、財務コンサルティングを合理的に実行できるようになるのである。

【0094】次に、この財務コンサルティングへの応用について説明する。図12に示す学習実行後の内部状態値/閾値より、以下の点が明らかとなる。すなわち、

(1)「経常利益が大きければ、債券格付けは高い」というルールRK1の重要度が、ルールRK2, RK3に比べて相対的に増し、また、図14に示すように、そのルールRK1の前件部メンバーシップ関数の関数形状が鋭くなったことから、債券の格付けが高い部分では、経常利益が重要な要素と考えられる。

(2)「自己資本比率が低ければ、債券格付けは低い」というルールRR1の重要度が、学習前に比べて大きく増加し、また、図15に示すように、そのルールRR1の前件部メンバーシップ関数の関数形状が鋭くなったことから、債券の格付けが低い部分では、自己資本比率が重要な要素と考えられる。

(3)「自己資本が小さければ、債券格付けは低い」というルールRJ2の重要度が、ルールRJ1に比べて相対的に増したことから、債券の格付けが低い部分では、自己資本が重要な要素と考えられる。

(4)「長期負債構成比率が低ければ、債券格付けは高い」というルールRC1と、「長期負債構成比率が高ければ、債券格付けは低い」というルールRC2と、「イ

ンタレスト・カバレッジ・レシオが小さければ、債券格付けは低い」というルールRI2の重要度が、他のルールの重要度に比べてゼロ値に近いことから、債券の格付けに影響を与えないルールであると考えられる。これから、図3に示したルールの内、ルールRK1, RK2, RK3, RJ1, RJ2, RI1, RR1が債券の格付けに影響を与える有効なルールであると考えられる。

【0095】これらのことから、図19(a)に示すような財務データを持つことで、債券格付け「BBB+」が与えられているε社の債券格付けを、「A-」に格上げするための財務データの改善について考察してみる。

【0096】図19(b)に、この財務データを入力したときに、上述の有効なルールの内、比較的大きな前件部メンバーシップ関数グレード値を示す発火ルールのグレード値を図示するとともに、このグレード値と学習されたその発火ルールの重要度(図12に示した第2段階12と第3段階13との間の内部状態値)との乗算値であるウェイト値を図示する。このウェイト値を考慮すると、ε社の債券格付けを「A-」に格上げするためには、経常利益を増加させるか、自己資本を増やすか、インタレスト・カバレッジ・レシオを拡大することが有効であることが推察される。

【0097】図19(c)に、ε社に関して、どの程度、経常利益や自己資本やインタレスト・カバレッジ・レシオを増加させると、債券格付け値“0.45”が指す債券格付け「A-」を実現できるかの一例を図示する。

【0098】また、図20(a)に示すような財務データを持つことで、債券格付け「A+」が与えられているζ社の債券格付けを、「AA-」に格上げするための財務データの改善について考察してみる。

【0099】図20(b)に、この財務データを入力したときに、上述の有効なルールの内、比較的大きな前件部メンバーシップ関数グレード値を示す発火ルールのグレード値を図示するとともに、このグレード値と学習されたその発火ルールの重要度との乗算値であるウェイト値を図示する。このウェイト値を考慮すると、ζ社の債券格付けを「AA-」に格上げするためには、経常利益を増加させるか、自己資本を増やすか、インタレスト・カバレッジ・レシオを拡大することが有効であることが推察されるが、自己資本については、ルールRJ1のグレードを上げても、効果が現れるのはルールRI1のグレードを超えてからなので効率が悪いことから対象から外すことが適切である。

【0100】図20(c)に、ζ社に関して、どの程度、経常利益や自己資本やインタレスト・カバレッジ・レシオを増加させると、債券格付け値“0.65”が指す債券格付け「AA-」を実現できるかの一例を図示する。このデータから、経常利益の増加を図らなければ債券格付け「AA-」が達成できないことが分かる。

【0101】上述したように、本発明の債券格付け決定

装置100は、高精度のものにチューニングされたファジィルールを実現するものであることから、チューニングされていないファジィルールそのものを用いる債券格付け決定装置よりも高精度でもって債券格付け情報を決定できるようになるとともに、エキスパートの用いていた債券格付けの決定手順をファジィルールとして写像しつつニューロコンピュータ動作により債券格付け情報を決定していく構成を採るものであることから、ニューロコンピュータそのものを用いる債券格付け決定装置よりも高精度でもって債券格付け情報を決定できるようになる。

【0102】すなわち、ファジィルールを複雑なものに設計すると、メンバーシップ関数等のチューニングがうまく実現（この作業が極めて負荷のかかるものである）できれば、債券格付けの精度を上げることができるが、本発明に従うと、ニューロコンピュータ動作によりメンバーシップ関数等のチューニング精度を高められることから、簡単なファジィルールでもって複雑なファジィルールと同等の債券格付けを実行できるということになる。

【0103】そして、ニューロコンピュータのネットワーク構造を複雑なものに設計すると、ネットワーク構造の学習がうまく実現（このために多数の教師信号が必要となるとともに、長い学習時間が要求されることになる）できれば、債券格付けの精度を上げることができるが、本発明に従うと、ネットワーク構造をファジィルールに従って初期化していることから、簡単なネットワーク構造でもって複雑なネットワーク構造と同等の債券格付けを実行できるということになるのである。

【0104】

【発明の効果】以上説明したように、本発明により構築される債券格付け決定装置は、エキスパートの用いていた債券格付けの決定手順をファジィルールとして写像しつつニューロコンピュータ動作により債券格付け情報を決定していく構成を採るものであることから、ニューロコンピュータそのものを用いる債券格付け決定装置よりも高精度でもって債券格付け情報を決定できるようになる。

【0105】そして、ファジィルールだけに従うのでは、ファジィルールの調整が難しいという点があるために債券格付け情報を高精度で決定できないのに対して、ニューロコンピュータ動作による学習動作に従って、写像されたファジィルールの調整も自動的に実行できるようになることから、ファジィルールそのものを用いる債券格付け決定装置よりも高精度でもって債券格付け情報を決定できるようになるのである。

【0106】また、本発明の財務コンサルティング方法に従うと、財務データの各項目が、債券の格付けに大きな影響を与えているのか、小さな影響しか与えていないかということが数値的に分かることから、債券の格付け

を上げるためには、どのように財務データの改善を図ればよいのかということを試行錯誤的な方法に依らずに把握できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理構成図である。

【図2】ファジィルールの生成に用いた財務データの一例である。

【図3】生成したファジィルールの説明図である。

【図4】ネットワーク構成データ処理手段の結線説明図である。

【図5】定義したメンバーシップ関数の説明図である。

【図6】メンバーシップ関数形状の説明図である。

【図7】形状利益のメンバーシップ関数の説明図である。

【図8】債券格付けのメンバーシップ関数の説明図である。

【図9】学習実行前の第1段階の内部状態値／閾値の説明図である。

【図10】後件部メンバーシップ関数の写像処理の説明図である。

【図11】債券格付け値の説明図である。

【図12】学習実行後の内部状態値／閾値の説明図である。

【図13】学習実行後の内部状態値／閾値の説明図である。

【図14】経常利益に関しての前件部メンバーシップ関数の説明図である。

【図15】自己資本比率に関しての前件部メンバーシップ関数の説明図である。

【図16】実験データの説明図である。

【図17】テストデータの説明図である。

【図18】実験データの説明図である。

【図19】財務コンサルティングの説明図である。

【図20】財務コンサルティングの説明図である。

【図21】債券の格付け情報の説明図である。

【図22】ファジィ構造型ニューロコンピュータの説明図である。

【図23】ファジィルールの説明図である。

【図24】前件部メンバーシップ関数の説明図である。

【図25】シグモイドニューロンの入出力信号特性の説明図である。

【図26】後件部メンバーシップ関数の説明図である。

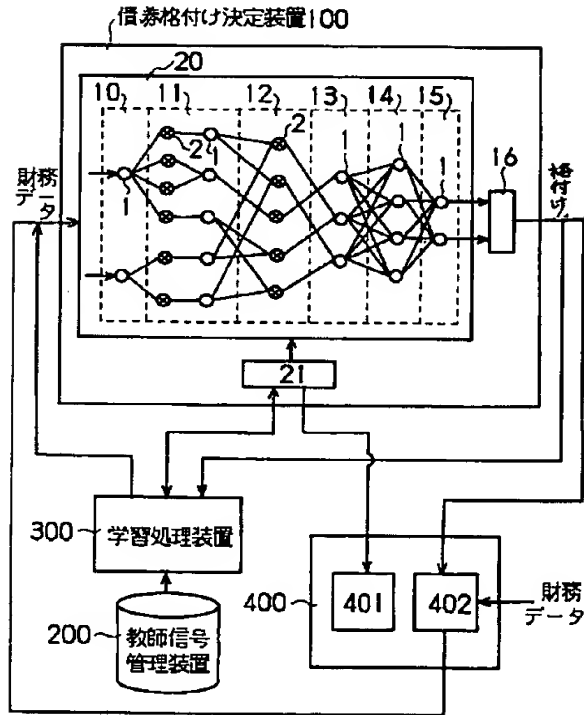
【符号の説明】

- 1 線形ニューロン
- 2 シグモイドニューロン
- 10 入力層
- 11 第1段階
- 12 第2段階
- 13 第3段階
- 14 第4段階

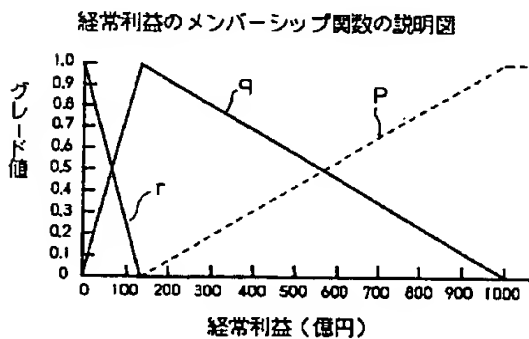
- 15 第5段層
- 16 結論値決定手段
- 20 ネットワーク構成データ処理手段
- 21 内部状態値管理手段
- 100 債券格付け決定装置

【図1】

本発明の原理構成図



【図7】



- 200 教師信号管理装置
- 300 学習処理装置
- 400 財務コンサルティング装置
- 401 ファジールール評価手段
- 402 財務コンサルティング実行手段

【図2】

ファジールールの生成に用いた財務データの一例

社名	自己資本	資産合計	売上高	経常利益	一株利益
1	190.22	357.55	186.7	16.82	14.09
2	1164.07	1933.23	928.63	240.65	126.33
3	758.29	1724.4	866.36	166.3	152.56
4	19254.2	36592.9	42487.6	2652.39	69.72
5	312.61	699.65	1029.91	56.11	33.16

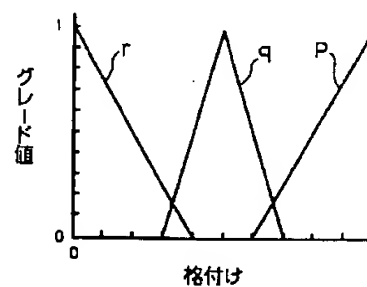
(a)

社名	長期負債割合	資本コスト・レバレッジ	自己資本率	営業利益率	格付け
1	0.3556	3.9516	0.5320	0.0914	BB+
2	0.3192	23.3702	0.6021	0.2407	A+
3	0.4149	16.2712	0.4397	0.1802	A+
4	0.1969	8.4440	0.5262	0.0354	AAA
5	0.1245	11.2198	0.4468	0.0365	BBB

(b)

【図8】

債券格付けのメンバーシップ関数の説明図



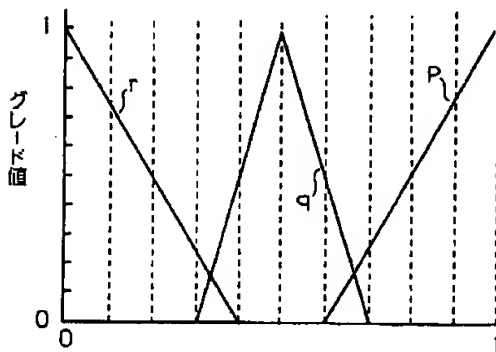
【図3】

生成したファジィルールの説明図

ルール名	ルール内容	ルール重要度
ruleRK1	if 経常利益 = p then 格付け = 高い (p)	with 1.000
ruleRK2	if 経常利益 = q then 格付け = 普通 (q)	with 1.000
ruleRK3	if 経常利益 = r then 格付け = 低い (r)	with 1.000
ruleRJ1	if 自己資本 = p then 格付け = 高い (p)	with 0.200
ruleRJ2	if 自己資本 = r then 格付け = 低い (r)	with 0.200
ruleRI1	if インタレスト・カバレッジレシオ = p then 格付け = 高い (p)	with 0.200
ruleRI2	if インタレスト・カバレッジレシオ = r then 格付け = 低い (r)	with 0.200
ruleRC1	if 長期負債構成比率 = r then 格付け = 高い (p)	with 0.200
ruleRC2	if 長期負債構成比率 = p then 格付け = 低い (r)	with 0.200
ruleRR1	if 自己資本比率 = r then 格付け = 低い (r)	with 0.200

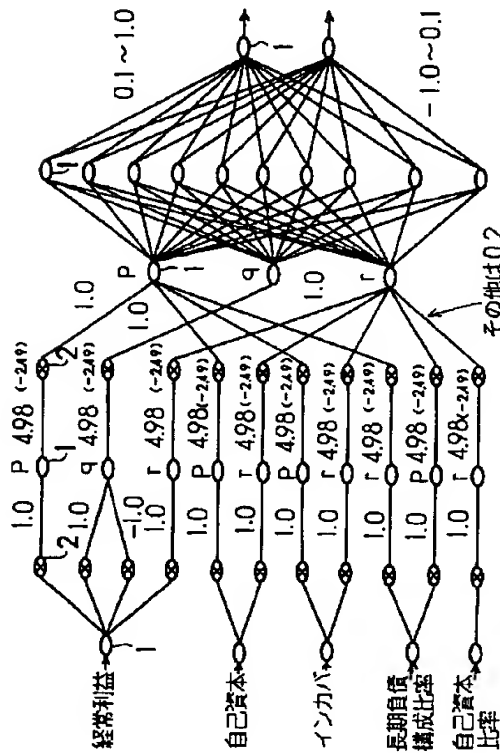
【図10】

後件部メンバーシップ関数の写像処理の説明図



【図4】

ネットワーク構成データ処理手段の結線説明図



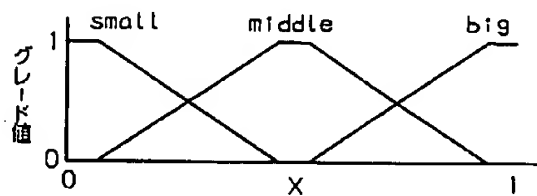
【図11】

債券格付け値の説明図

格付け	格付け値	格付け	格付け値	格付け	格付け値
BB	0.1	BBB+	0.35	AA-	0.65
BB+	0.1	A-	0.45	AA	0.7
BBB-	0.25	A	0.5	AA+	0.75
BBB	0.3	A+	0.55	AAA	0.9

【図24】

前件部メンバーシップ関数の説明図



【図23】

ファジィルールの説明図

rule1 : if (X is small) and (Y is small) then Z is middle
 rule2 : if (X is small) and (Y is big) then Z is big
 rule3 : if (X is middle) then Z is small
 rule4 : if (X is big) and (Y is small) then Z is middle
 rule5 : if (X is big) and (Y is big) then Z is big

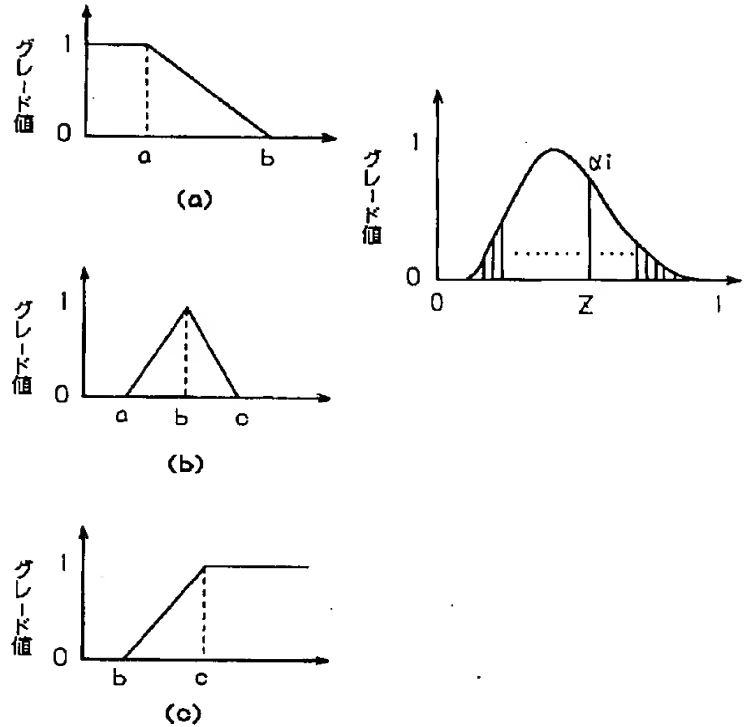
【図5】

定義したメンバーシップ関数の説明図

前件部/後件部命題	関数形状	a	b	c
経常利益(億円)	r decr	0.00	130.00	1000.00
経常利益(億円)	q tri	0.00	130.00	1000.00
経常利益(億円)	p incr	0.00	130.00	1000.00
自己資本(億円)	r decr	0.00	700.00	10000.00
自己資本(億円)	p incr	0.05	1500.00	10000.00
長期負債構成比率	r decr	0.05	0.15	0.45
長期負債構成比率	p incr	0.35	0.45	0.45
インタレスト	r decr	1.50	4.50	8.00
インタレスト	p incr	4.50	8.00	8.00
カバレッジレシオ	r decr	0.20	0.40	0.40
カバレッジレシオ	p incr	0.40	0.40	0.40
自己資本比率	r decr	0.00	0.40	0.40
格付け	q tri	0.30	0.50	0.70
格付け	p incr	0.30	0.50	1.00

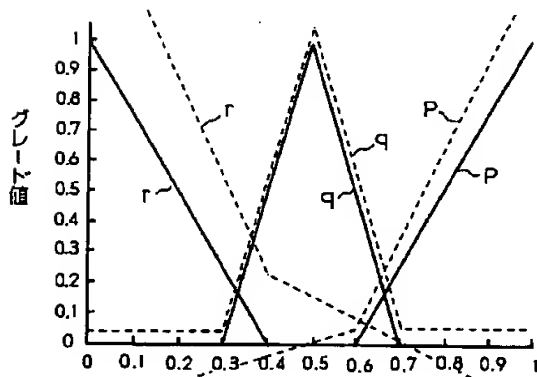
【図6】

メンバーシップ関数形状の説明図 後件部メンバーシップ関数の説明図



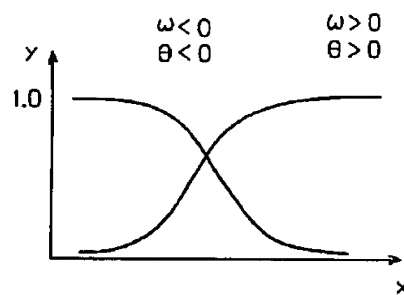
【図13】

学習実行後の内部状態値の説明図



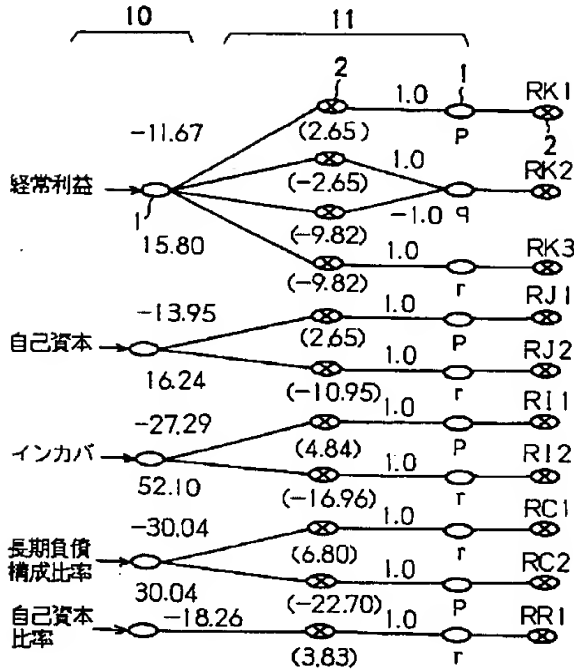
【図25】

シグモイドニューロンの入出力信号特性の説明図



【図9】

学習実行前の第1段階の内部状態値/閾値の説明図



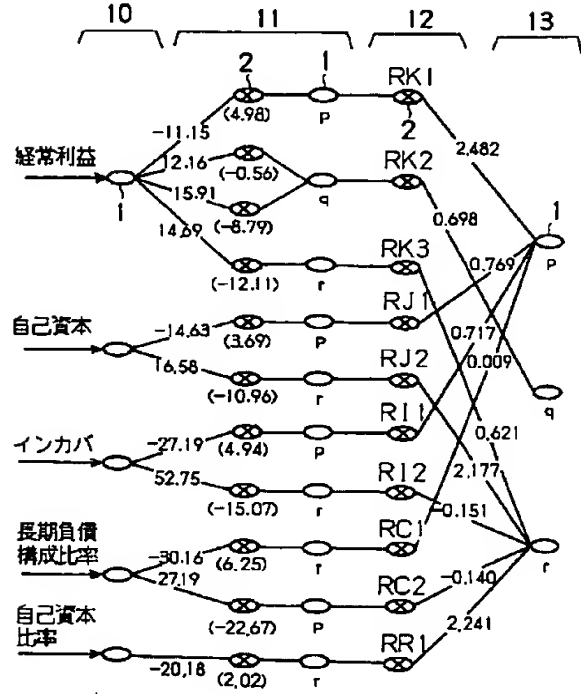
【図17】

テストデータの説明図

社名	自己資本	経常利益	長期負債	インカバ	自己資本率	格付け
1	485.28	80.47	0.2455	5.1830	0.3327	BBB+
2	2024.83	318.43	0.0243	32.3571	0.6413	A+
3	255.29	41.28	0.1165	7.5192	0.7192	BBB
4	352.33	32.42	0.2589	4.4704	0.5612	BBB+
5	353.24	58.58	0.1454	21.2247	0.5110	BBB
6	1129.69	180.24	0.1846	27.6872	0.6514	A
7	1013.84	243.29	0.4320	7.5291	0.3454	A+
8	222.74	28.23	0.1725	8.4444	0.5313	BBB+
9	1020.19	67.43	0.1015	4.6294	0.6025	A-
10	12738.37	2208.41	0.2661	9.6524	0.3604	AAA
11	156.09	17.45	0.2307	8.1189	0.4967	BBB
12	1144.01	75.48	0.1529	3.5742	0.5283	BBB+
13	6780.2	129.97	0.2278	205.1270	0.7053	A+
14	278.88	33.58	0.3839	5.8463	0.3572	BBB
15	7895.93	1332.35	0.3601	3.9183	0.2985	AAA
16	408.78	100.11	0.2602	60.2637	0.5147	A
17	6837.54	402.12	0.1826	3.1089	0.5452	AA-
18	277.01	40.3	0.1842	8.1484	0.5325	BBB+
19	1679.68	231.87	0.0113	98.7000	0.6174	AA
20	1602.98	165.15	0.0583	29.2275	0.7878	AA-
21	240.62	24.49	0.1865	3.4437	0.3911	BBB
22	5677.49	983.09	0.2938	18.2441	0.4744	AAA
23	749.25	53.87	0.0267	14.4484	0.7715	BBB+
24	1196.83	119.37	0.2151	5.7160	0.5898	A+
25	3294.94	615.35	0.4195	8.9848	0.3978	AAA

【図12】

学習実行後の内部状態値/閾値の説明図



【図21】

債券の格付け情報の説明図

AAA=総合的に判断して安全の度合いが最も高い。

AA=安全の度合いはかなり高いが、第一ランクに比べると劣る要素がある。

A=総合的に見て、安全度は平均水準より高い。部分的にすぐれた要素がある。

BBB=安全度は平均水準。将来にわたり元金の支払いは安全と判断するが、絶えず注意していかなければならない要素もあわせ持っている。

BB=将来まで考慮すると、安全の点で心配される要素がある。

B=収益力がきわめて低く、改善もしばらく困難で、将来の安全を現段階で判断できない。

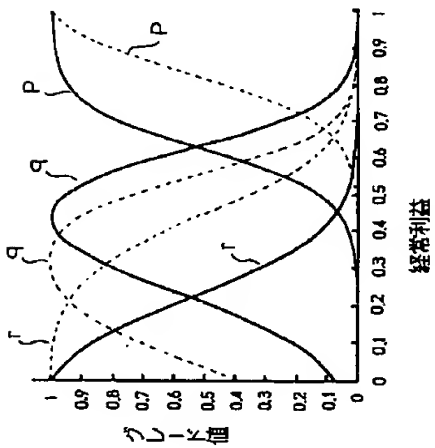
CCC=社債の利払いは行っているが、債務超過の状態にあるか、あるいは債権者から金利の減免、返済猶予等、特別の救済措置を受けている。

CCとC=社債利払いの遅延、不払いが生じている。

【図14】

経常利益に関する前件部メンバーシップ関数の説明図

X軸	値円
0.0	11.13
0.1	19.24
0.2	33.26
0.3	57.49
0.4	99.39
0.5	171.81
0.6	297.01
0.7	513.43
0.8	887.56
0.9	1534.32
1.0	2652.34

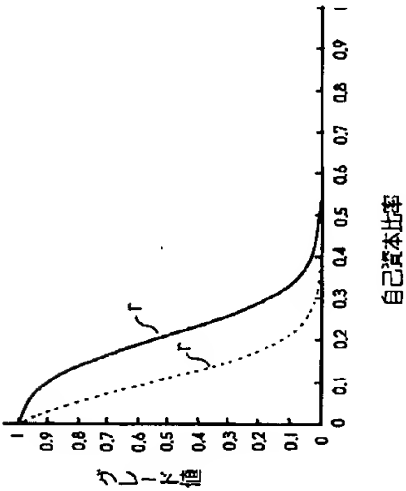


(b)

【図15】

自己資本比率に関する前件部メンバーシップ関数の説明図

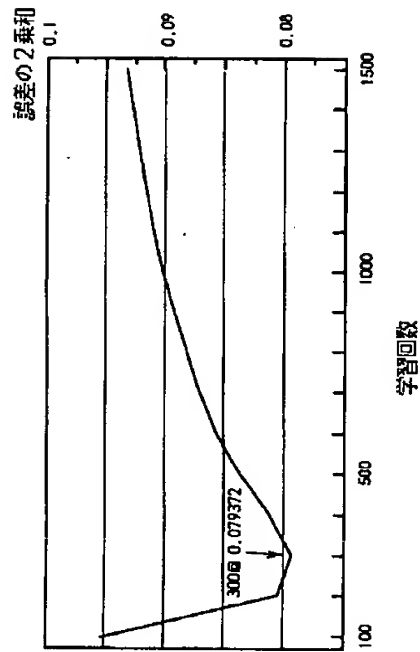
X軸	%
0.0	19.0
0.1	25.2
0.2	31.4
0.3	37.6
0.4	43.8
0.5	50.0
0.6	56.2
0.7	62.4
0.8	68.6
0.9	74.8
1.0	81.0



(b)

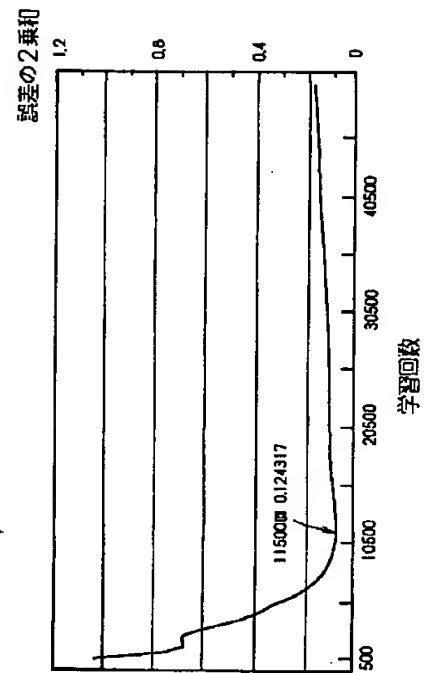
【図16】

実験データの説明図



【図18】

実験データの説明図



【図19】

財務コンサルティングの説明図

財務項目	財務データ
経常利益	75.48億円
自己資本	1144.01億円
インタレスト・カバレッジ・レシオ	3.57 倍
自己資本比率	52.83 %

(a)

発火ルール	グレード値	ウェイト値	格付け
RJ1	0.025	0.019	0.368 BBB+
RI1	0.01	0.007	
RK2	0.975	0.681	
RK3	0.49	0.304	
RJ2	0.08	0.174	

(b)

財務項目	変更データi	変更データii	変更データiii	変更データiv
インタレスト・カバレッジ・レシオ	5.507倍	—	—	4.728倍
経常利益	—	369.0億円	—	171.6億円
自己資本	—	—	3256.5億円	—
推論結果	0.452	0.456	0.448	0.455

(c)

【図20】

財務コンサルティングの説明図

財務項目	財務データ
経常利益	119.37億円
自己資本	1196.83億円
インタレスト・カバレッジ・レシオ	5.72 倍
自己資本比率	58.96 %

(a)

発火ルール	グレード値	ウェイト値	格付け
RJ1	0.03	0.023	0.528 A+
RI1	0.59	0.423	
RK2	0.94	0.656	
RK3	0.50	0.311	
RJ2	0.05	0.109	

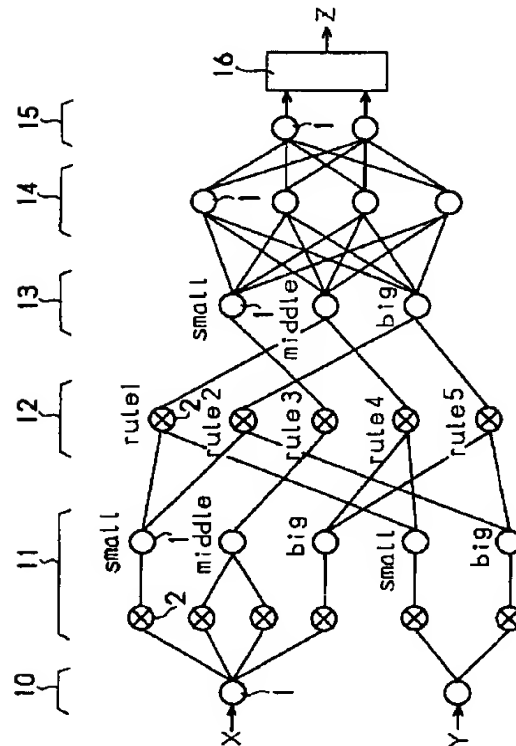
(b)

財務項目	変更データi	変更データii	変更データiii
インタレスト・カバレッジ・レシオ	7.475倍	—	7.475倍
経常利益	—	349.4億円	251.6億円
推論結果	0.554	0.658	0.646

(c)

【図22】

ファジィ構造型ニューロコンピュータの説明図



フロントページの続き

(72)発明者 川村 旭
 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
 富士通株式会社内

(72)発明者 平 哲朗
 東京都千代田区丸の内3丁目4番2号 株
 式会社日興リサーチセンター投資工学研究
 所内

(72)発明者 成田 昌隆
 東京都品川区西五反田2丁目11番12号 株
 式会社日興システムセンター内